

ATR-GG推進剤供給系の検討

著者	東野 和幸, 中田 大将, 林 祐一郎
雑誌名	室蘭工業大学航空宇宙機システム研究センター年次報告書
巻	2013
ページ	66-69
発行年	2014-08
URL	http://hdl.handle.net/10258/00008833

ATR-GG推進剤供給系の検討

著者	東野 和幸, 中田 大将, 林 祐一郎
雑誌名	室蘭工業大学航空宇宙機システム研究センター年次 報告書
巻	2013
ページ	66-69
発行年	2014-08
URL	http://hdl.handle.net/10258/00008833

ATR-GG推進剤供給系の検討

東野 和幸（航空宇宙システム研究センター 教授）

中田 大将（航空宇宙システム研究センター 特任助教）

○林 祐一郎（機械航空創造系学科 4年）

1. はじめに

室蘭工業大学航空宇宙機システム研究センター(APReC)では、小型無人超音速実験機オオワシ2号機の研究・開発を通じて次世代クリーン宇宙輸送システムの革新的基盤技術の確立を目指している。本機にはバイオエタノール(BE)/液体酸素(LOX)を組み合わせた推進システム使用が検討されている。BEは表1-1で分かるように液体水素(LH₂)と比べて密度比推力が優れている。そのため、燃料タンクを小型にでき、機体重量の削減が期待できる。また、燃料自体のコストが安く、今後のさらなる値下の低下も期待出来る。単位質量あたりの炭素含有量がケロシンと比較して少ないので煤の発生量も少なく整備コストの低減に寄与することが出来ると考えられる。また、常温で液体であるBEは機器への負担も小さく部品コストも抑えることが出来る。

表 1-1 推進薬の製造コストの比較

	比推力 (sec)	密度比推力 $\times 10^3(\text{kg} \cdot \text{s}/\text{m}^3)$	整備性	コスト (円/kg)	安全性
LH ₂	455	145	○	4000	△
BE	328	328	○	215	○
ケロシン	368	368	△	450	○
ヒドラジン	397	397	△	8800	△

本機体の推進剤供給方式としては、部品点数を減らせることにより故障の可能性を減らすことを狙い加圧供給方式とした。

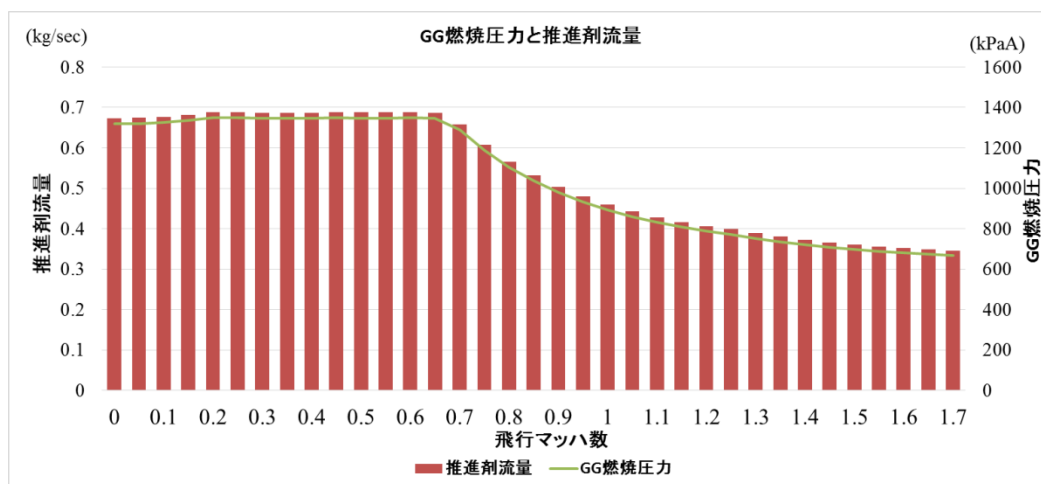


図 1-1 GG 燃焼圧力と推進剤流量に関する変化

本稿では、オオワシ 2 号機に搭載されるエアターボラムジェット・ガスジェネレータサイクル (ATR-GG) エンジンにおける推進剤供給系において軽量で耐腐食性のある推進剤タンクについて検討する。また、本機は推進剤流量を変化させることで図 1-1 のようにガスジェネレータ (GG) の燃焼圧力を変化させ、推力のスロットリングを行う。連続的な流量調整弁に代わって、複数のバルブの組み合わせで推進剤流量を変化させる機構を検討しているが、その選定候補についても述べる。

2. 推進剤供給系検討

本機体の推進剤供給方式としては、部品点数を減らすことにより故障の原因を減らせるため、加圧ガスを用いた加圧供給方式を採用した。また、今回は加圧ガスにガス窒素 (GN₂) を用いる。

推進剤タンクに関しては、通常ではアルミニウム合金を使用することが多いが、本機の推進剤である BE はアルミニウム合金に対して強い腐食性を有しているため、過去の BE に対する材料適合性の研究をもとに炭素繊維強化プラスチック (CFRP) とニッケルを組み合わせることで BE に対する耐腐食性を有するだけでなく、アルミニウム合金でタンクを製作するよりも軽量に仕上げることを狙い検討対象とした⁽¹⁾。

内圧 2.6MPaA、安全率 2.0 とした場合の燃料タンク重量を比較した結果が表 2-1 である⁽²⁾。以下の結果より CFRP と Ni メッキを組み合わせたものが最も軽量になることを確認した。

表 2-1 タンク重量比較

アルミニウム合金	21.3kg
ステンレス合金	61.7kg
CFRP+Ni メッキ	11.5kg

3. 加圧ガス混入対策

オオワシ 2 号機には、推進剤を約 130kg 搭載する予定であるので、それに伴い推進剤タンクも約 3m と非常に長くなることが予想されている。これらの事により推進剤減少時に GN₂ も供給されてエンジンに影響を与えることが懸念される。そのため、下記の 3 つの案を提案しトレードオフを行なった。

上記のトレードオフより 3 つの対策案の中では案(3)が適している。

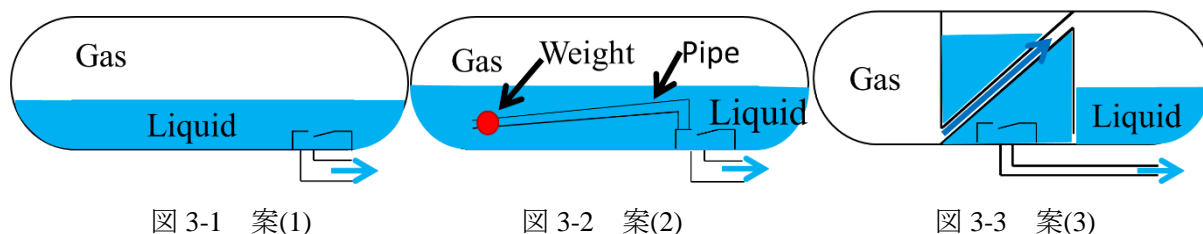


表 3-2 各案のトレードオフ

対策案(1)	利点	軽量のデバイス.
	欠点	混入防止効果が小さい. 推進剤の無駄が多い.
対策案(2)	利点	推進剤減少時の加速度の変化に対応出来る.
	欠点	柔軟性のある配管の製造が難しい.
		重りがタンク内部を損傷させる危険性がある. タンク内部に入れることが難しい.
対策案(3)	利点	液体減少時でも液面を高く保つことが出来る. スロッシング抑制効果も期待できる.
	欠点	タンク内部に構造物を入れることが難しい.

4. バルブ選定

本機は推力を制御することで離陸から着陸まで行うため飛行状態にあわせて推進剤流量を変化させる機構として流量調節バルブの選定を行なった. 表 4-1 の選定条件をもとにマッハ数変動と共に変動するバルブ容量係数(Cv)を図 4-1 に示す.

表 4-1 選定を使用した検討諸元

種類 \ 流体の種類	BE	LOX
密度 (kg/m ³)	789	1140
温度(°C)	15	-183
バルブ前後差圧	30	
O/F	0.454	
バルブ接続口径 (in)	1/2	

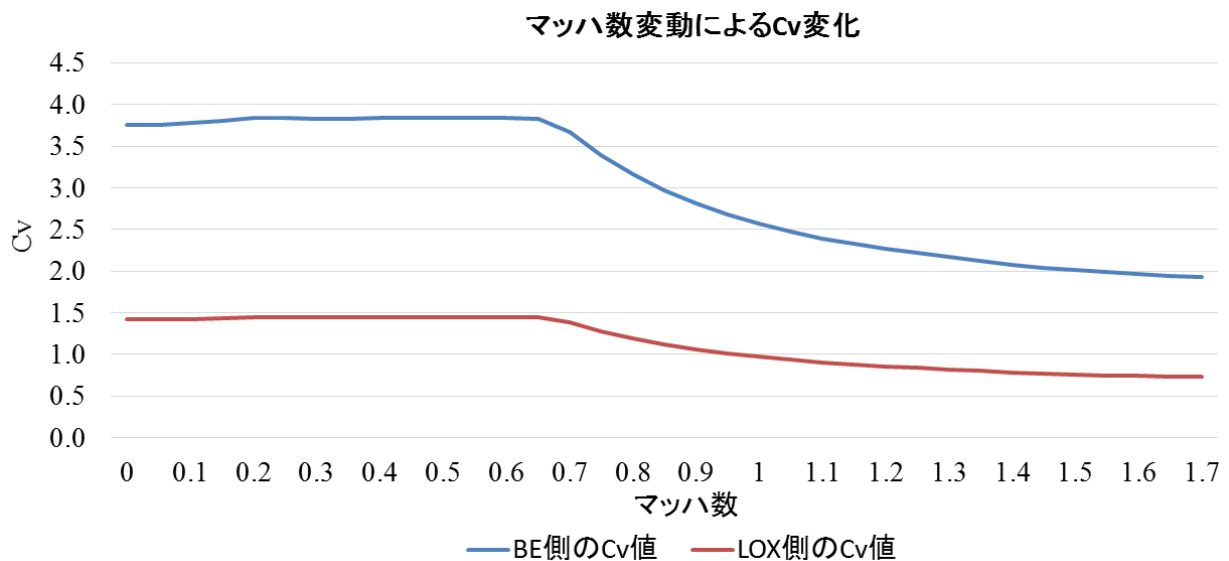


図 4-1 マッハ数変動による Cv 変化

本年度の検討諸元を用いて選定をおこなった結果としては、LOX 側に関しては、適合する既存のバルブを確認することが出来たが BE 側に関してはさらなる検討が必要であることが判明した。

5. まとめ

推進剤タンクの材質を CFRP にすることにより従来のタンクより軽量化が可能であるという結果が得られた。

バルブ選定を行った結果、BE 側に関しては継続して検討を行う。

参考文献

- (1) 寺田利幸：バイオエタノールロケットエンジンの高温高圧での材料適合性に関する実験的研究，平成 23 年度修士論文，(2012)。
- (2) JAXA：宇宙用高圧ガス機器技術基準，(2009)。